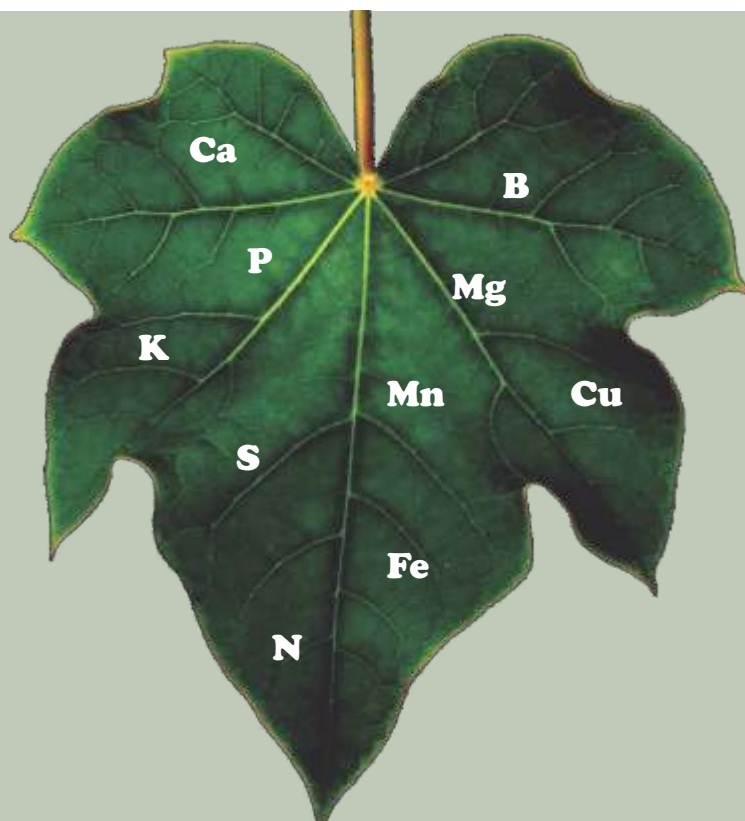


Diagnose Visual de Deficiências Nutricionais em Pinhão-Manso



ISSN 1679-043X
Maio, 2015

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agropecuária Oeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 128

Diagnose Visual de Deficiências Nutricionais em Pinhão-Manso

Oscar Fontão de Lima Filho

Embrapa Agropecuária Oeste
Dourados, MS
2015

Embrapa Agropecuária Oeste

BR 163, km 253,6

Trecho Dourados-Caarapó

79804-970 Dourados, MS

Caixa Postal 449

Fone: (67) 3416-9700

Fax: (67) 3416-9721

www.embrapa.br/agropecuaria-oeste

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Harley Nonato de Oliveira*

Secretária-Executiva: *Silvia Mara Belloni*

Membros: *Auro Akio Otsubo, Clarice Zanoni Fontes, Danilton Luiz Flumignan,*

Fernando Mendes Lamas, Germani Concenção, Ivo de Sá Motta,

Marciana Retore e Michely Tomazi

Membros suplentes: *Augusto César Pereira Goulart e Crêbio José Ávila*

Supervisão editorial: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Revisão de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Ilustração da capa: *Oscar Fontão de Lima Filho*

1ª edição

On-line (2015)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei Nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agropecuária Oeste

Lima Filho, Oscar Fontão de

Diagnose visual de deficiências nutricionais em pinhão-manso /
Oscar Fontão de Lima Filho. – Dourados, MS : Embrapa
Agropecuária Oeste, 2015.

32 p. : il. color. ; 16 x 21 cm. – (Documentos / Embrapa
Agropecuária Oeste, ISSN 1679-043X ; 128).

1. Pinhão-manso – Nutrição – Deficiência – Sintoma visual.
 2. Nutrição vegetal – Deficiência – Sintoma visual – Pinhão-manso.
- I. Embrapa Agropecuária Oeste. II. Título. III. Série.

Autor

Oscar Fontão de Lima Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências
(Nutrição Mineral de Plantas e Fertilidade do Solo),
pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste,
Dourados, MS.

Apresentação

O manejo adequado dos nutrientes vegetais é um componente essencial de qualquer sistema de produção agrícola sustentável. Com produtividades cada vez mais elevadas, não se pode prescindir do aumento ou manutenção da fertilidade adequada de solos cultivados. Os componentes essenciais para o manejo eficiente dos nutrientes incluem o fornecimento balanceado e de fontes confiáveis de fertilizantes, além de ferramentas de avaliação do estado nutricional das plantas (diagnoses foliar e visual) e da indispensável análise química do solo.

As culturas estão sujeitas a uma série de influências ambientais que interferem em seu crescimento e produtividade. Todo e qualquer estresse, de natureza biótica ou abiótica, modifica eventos metabólicos que podem resultar em sintomas visuais, notadamente nas folhas. Padrões previamente definidos de sintomas específicos, como desordens nutricionais, doenças, pragas, agrotóxicos, condições climáticas adversas, dentre outros, são fundamentais para avaliar problemas que aparecem em condições de campo. Assim, esta publicação apresenta a descrição e imagens de deficiências específicas de macro e micronutrientes para pinhão-mansão, facilitando a interpretação de sintomas visuais de deficiências de nutrientes observados no campo.

A cultura de pinhão-mansão tem sido considerada como uma das alternativas para a produção de óleo vegetal destinado à produção de biodiesel. Seu cultivo em larga escala depende, no entanto, do estabelecimento de sistemas de produção que considerem, entre outros, o manejo eficiente de nutrientes.

Esperamos que com este Documento a Embrapa cumpra com sua missão de contribuir com informações que possam ajudar técnicos e agricultores a tomar decisões concernentes ao manejo nutricional do pinhão-mansão.

Guilherme Lafourcade Asmus
Chefe-Geral

Sumário

Diagnose Visual de Deficiências Nutricionais em Pinhão-Manso	9
Introdução	9
Nitrogênio	10
Fósforo	12
Potássio	14
Cálcio	16
Magnésio	18
Enxofre	20
Boro	22
Cobre	24
Ferro	26
Manganês	28
Considerações Finais	30
Referências	31

Diagnose Visual de Deficiências Nutricionais em Pinhão-Manso

Oscar Fontão de Lima Filho

Introdução

O gênero *Jatropha* é originário da América tropical, com aproximadamente 170 espécies, incluindo o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Atualmente esta espécie está presente em áreas de mata nativa e cultivada das Américas do Sul e Central, África, Índia, sudeste da Ásia e Austrália. O gênero possui diversos compostos com atividades biológicas variadas, além da presença de óleo em seus frutos. O pinhão-manso, portanto, apresenta grande potencial de uso comercial como biodiesel, por meio da esterificação e transesterificação dos ácidos graxos, principais componentes do óleo contido em suas sementes (CARELS, 2009). Como esta espécie ainda se encontra em fase de domesticação (LAVIOLA et al., 2011), são necessários estudos envolvendo melhoramento genético e manejo agrônomo, a fim de que esta possa ser utilizada comercialmente na produção de óleo como substituto do diesel e querosene.

A nutrição vegetal envolve o estudo da interrelação de elementos químicos e seus compostos com a planta e com os ambientes interno e externo à ela. As funções dos nutrientes estão relacionadas, direta ou indiretamente, ao metabolismo primário ou secundário, exercendo a mesma função em todas as plantas, sejam elas cultivadas ou não. Assim, a carência de um determinado nutriente induz o aparecimento de sintomas visuais, com padrões básicos para todas as plantas, porém com características específicas para cada espécie vegetal.

A seguir são apresentados os sintomas visuais de deficiência de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn), obtidos em condições hidropônicas e em casa de vegetação da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. A obtenção destes sintomas, sem a presença de outros fatores que possam interferir na descrição, servem como recomendação de diagnose visual em pinhão-manso.

Nitrogênio

Plantas deficientes em nitrogênio apresentam, além do crescimento reduzido da parte aérea e raízes, clorose generalizada, iniciando-se pelas folhas mais velhas, expandindo-se posteriormente para toda a planta, com necrose posterior das bordas (Figura 1).

O desenvolvimento reduzido, em consequência do baixo suplemento de N, pode estar associado ao papel desempenhado pelo elemento no metabolismo da planta. Quando combinado com C, H, O e, algumas vezes, com S, forma aminoácidos, aminoenzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides e bases purinas. Embora o N inorgânico possa acumular-se na forma nítrica, o N orgânico predomina na forma de proteínas de alto peso molecular (JONES JUNIOR, 1990). Cerca de 80% do N é usado para a formação de proteínas (enzimáticas, estruturais e de armazenamento), 10% para ácidos nucleicos, 5% para aminoácidos solúveis e 5% para outros compostos (MENGEL; KIRKBY, 2001). A carência de N diminui o tamanho das células e aumenta a espessura de suas paredes (WILD, 1988). A divisão e a expansão celular diminuem, havendo redução no tamanho de todas as partes morfológicas da planta, principalmente folhas e frutos (HEWITT; SMITH, 1975).

O amarelecimento generalizado das folhas deve-se ao decréscimo na produção de clorofila, que é um pigmento encontrado em todas as células fotossintetizantes. Nas plantas verdes ocorrem a clorofila *a* e a clorofila *b*, principais pigmentos absorvedores de luz (LEHNINGER, 1976).

Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

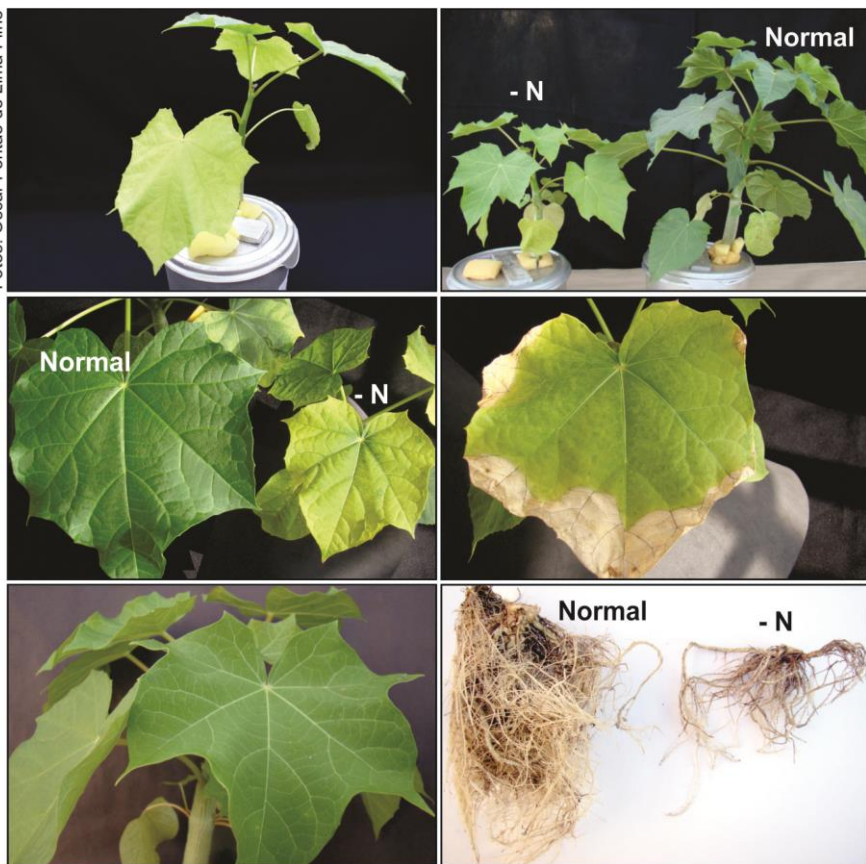


Figura 1. Sintomas visuais de deficiência de nitrogênio em folhas e raízes de pinhão-manso.

Fósforo

Plantas deficientes em fósforo apresentam crescimento reduzido da parte aérea e raízes, e coloração normal das folhas, muitas vezes com uma tonalidade mais intensa (Figura 2). Em razão da importância do P no metabolismo energético e celular das plantas, seria lógico supor que a deficiência de P conduz à morte rápida de células e da planta inteira, mas isto não corresponde à realidade. Dependendo da severidade da deficiência, a falta de P meramente inibe ou impede o crescimento. Folhas novas tornam-se menores. As plantas podem permanecer nesse estado por longos períodos, antes dos sinais de morte começarem a aparecer, inicialmente nas folhas mais velhas.

Esta resposta das plantas à deficiência de P, que é muito diferente de outros nutrientes, está ligada ao aumento da atividade da enzima fosfatase. Como resultado, íons fosfato são liberados de compostos orgânicos, isto é, são remobilizados e reciclados, para novamente tomar parte no metabolismo. Embora os processos vitais possam ser mantidos por algum tempo dessa maneira, a reprodução contínua de células cessa, pois a falta de P inibe a divisão celular. Plantas em estádios de crescimento vigoroso têm alta exigência em P. A atividade da fosfatase está localizada principalmente no vacúolo, mas pode ser transferida para o citoplasma no caso de deficiência de fosfato (BERGMANN, 1992).

Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

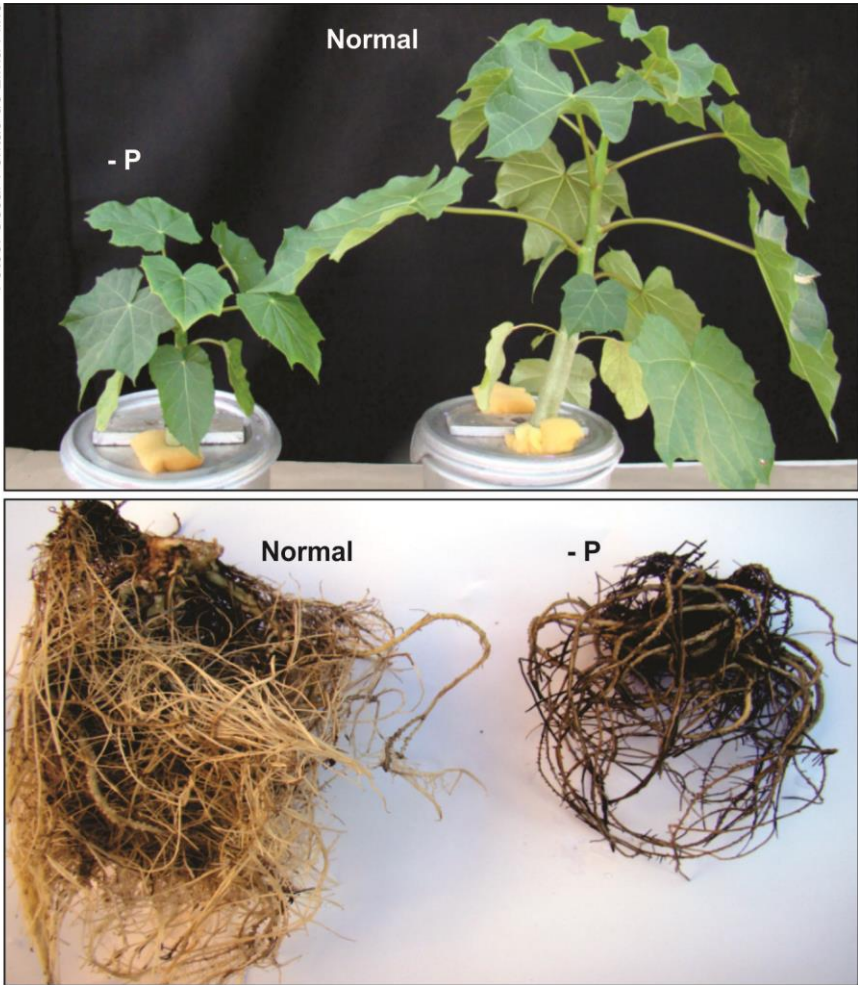


Figura 2. Sintomas visuais de deficiência de fósforo em plantas de pinhão-manso.

Potássio

A deficiência de potássio induz o menor crescimento, tanto da parte aérea como das raízes. Os sintomas foliares caracterizam-se por clorose marginal das folhas, de modo irregular, que progride para necrose e expande-se para o centro da folha (Figura 3).

Sendo o K ativador de numerosas enzimas, sua deficiência acarreta distúrbios em eventos metabólicos, como, por exemplo, acumulação de compostos nitrogenados livres ou solúveis (tais como aminoácidos, amidas e amônia), além de aminas (produtos da descarboxilação de aminoácidos, como putrescina, N-carbamilputrescina e agmatina). Esta última, provavelmente, é responsável pelas manchas necróticas que aparecem em folhas deficientes (EPSTEIN; BLOOM, 2006; MALAVOLTA; CROCOMO, 1982).

Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

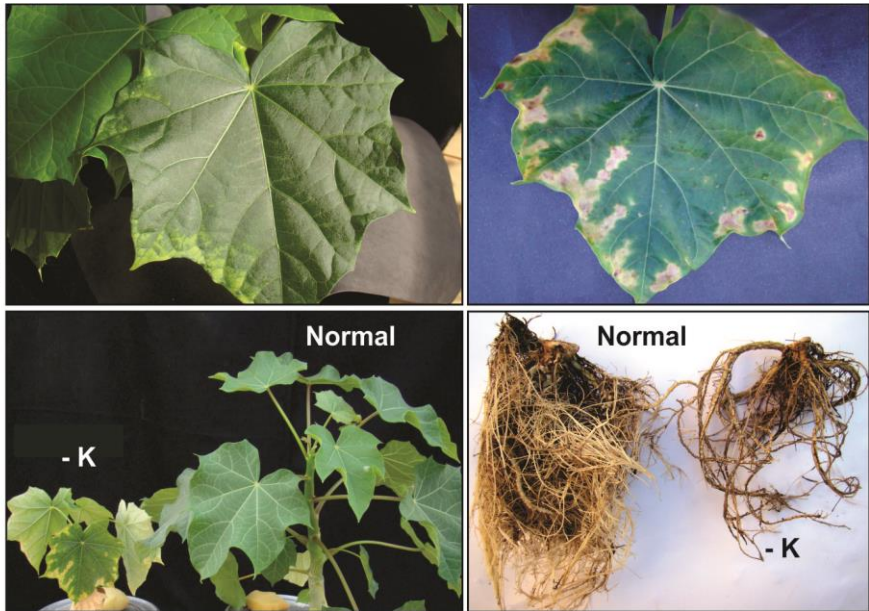


Figura 3. Sintomas visuais de deficiência de potássio em plantas de pinhão-manso.

Cálcio

Plantas carentes em cálcio apresentam folhas novas deformadas, com encarquilhamento e ondulações no sentido longitudinal, curvadas para baixo, bordas arredondadas e clorose internerval. Com a progressão dos sintomas, há paralisação do crescimento de folhas novas e/ou morte da gema apical. Em função disso, ocorre superbrotamento, com aparecimento de folhas muito pequenas no ápice e secreção resinosa avermelhada. Ocorre, também, uma necrose que inicia-se na borda oposta ao pecíolo das folhas mais novas, que secam e morrem. O crescimento das plantas, tanto da parte aérea como das raízes, é bastante reduzido, com escurecimento intenso do órgão subterrâneo (Figura 4).

O Ca é fundamental para a permeabilidade das membranas e manutenção da integridade celular, sendo requerido para a divisão e expansão das células. Influencia o desenvolvimento vegetal, pois atrasa o amadurecimento, a senescência e a abscisão; altera a resposta geotrópica, a fotossíntese e outros processos como a divisão celular, movimentos citoplasmáticos e o aumento do volume celular, sendo que diversas desordens fisiológicas estão relacionadas com a carência de Ca (MALAVOLTA et al., 1997). A deficiência de Ca é caracterizada pela redução no crescimento de tecidos meristemáticos, sendo observada, primeiro, nas extremidades em crescimento e folhas mais jovens (BURSTRÖM, 1968; MENGEL; KIRKBY, 2001).

Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

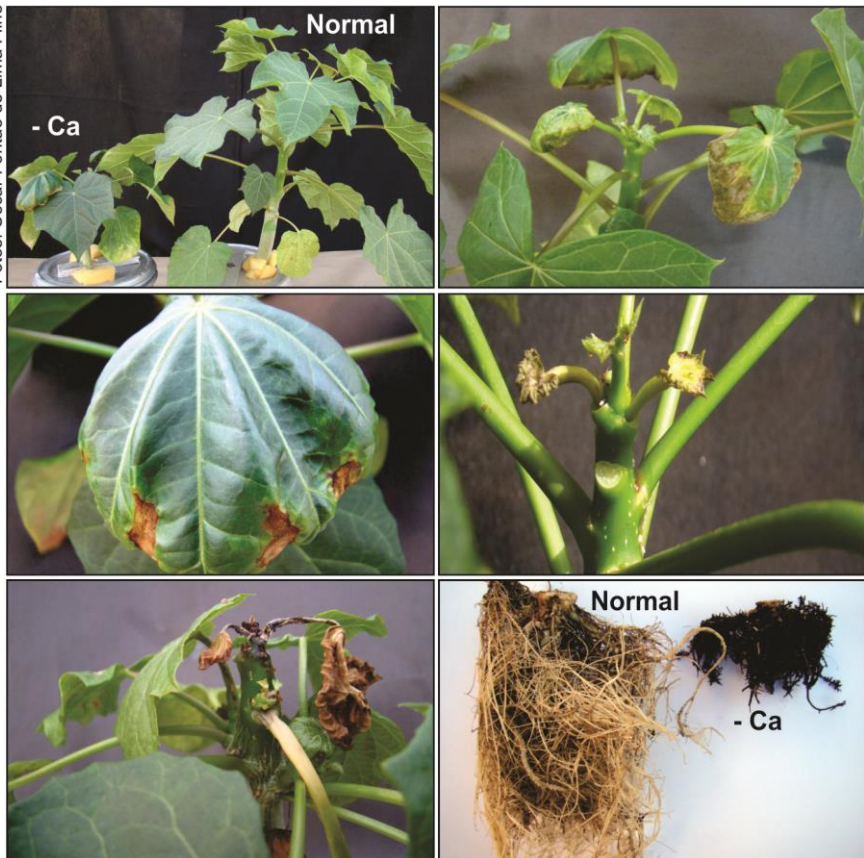


Figura 4. Sintomas visuais de deficiência de cálcio em plantas de pinhão-mansô.

Magnésio

A deficiência de magnésio ocasiona, inicialmente, manchas internervais verde-claras ao longo do limbo foliar, com perda progressiva de pigmentação, que evoluem para branqueamento e posterior necrose. O padrão inicial dessas manchas, que têm bordas irregulares mas bem definidas, pode variar e passar a apresentar pontuações e/ou pequenas manchas esbranquiçadas ao lado das nervuras principais radiais e ao redor das bordas ou, então, manchas dispersas entre as nervuras, todas coalescendo e formando um aspecto rendilhado que progride para uma necrose internerval na maior parte da folha (Figura 5).

Ao contrário do Ca, o Mg é facilmente translocado para as regiões novas de crescimento ativo. Como consequência, os sintomas de deficiência aparecem primeiro nas folhas maduras, progredindo em direção às folhas mais novas (BOULD et al., 1983; EPSTEIN; BLOOM, 2006). A presença do Mg como átomo central da molécula de clorofila, função bioquímica bem conhecida do elemento, é uma característica determinante dos efeitos da deficiência deste nutriente (HEWITT; SMITH, 1975; MENGEL; KIRKBY, 2001), pois sua deficiência acarreta diminuição no pigmento, provocando clorose.

Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

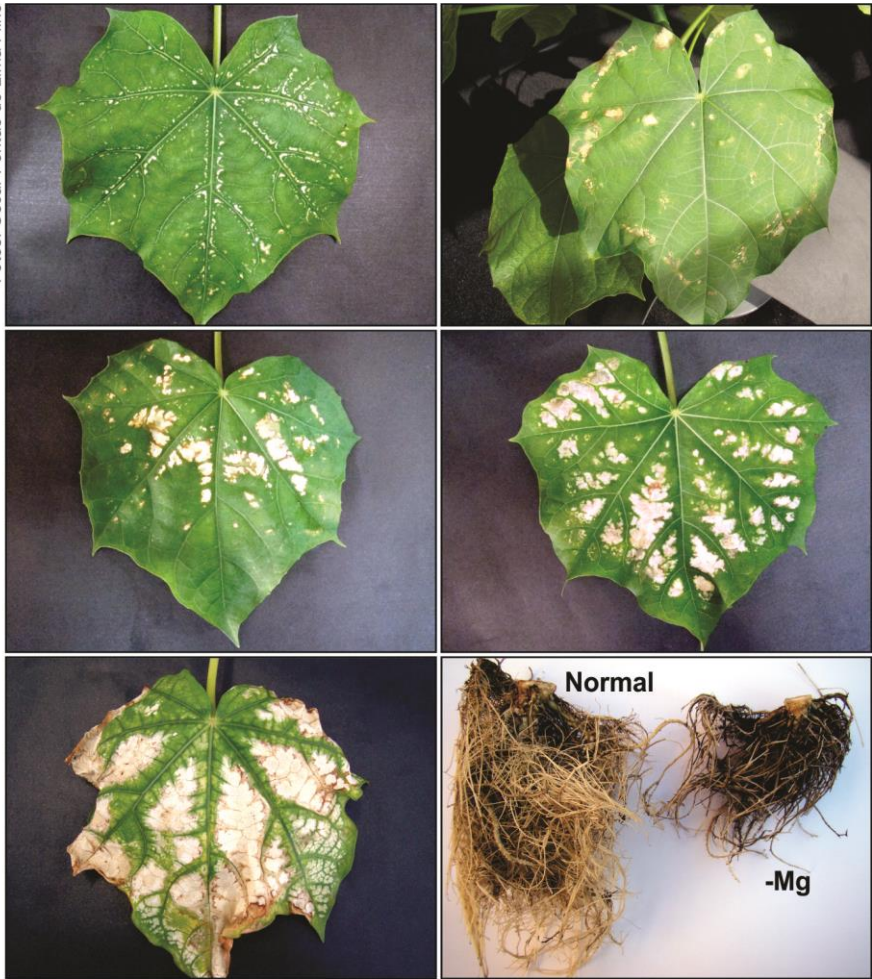


Figura 5. Sintomas visuais de deficiência de magnésio em folhas e raízes de pinhão-manso.

Enxofre

Os sintomas de deficiência de enxofre caracterizam-se por clorose geral, inicialmente nas folhas mais jovens, que espalha-se gradualmente por toda a planta, e redução no crescimento em casos mais severos (Figura 6).

O S faz parte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina, portanto, de proteínas. Esses aminoácidos são precursores de outros compostos contendo enxofre, como enzimas e compostos secundários. Ele é um constituinte estrutural destes compostos (p. ex.: $R^1-C-S-C-R^2$), ou age como um grupo funcional (p. ex.: $R-SH$) diretamente envolvido em reações metabólicas (MARSCHNER, 1995).

O S também é importante para a síntese de cloroplastos e clorofila, por causa do seu papel na síntese proteica e importantes reações enzimáticas e de óxido-redução. Há forte correlação entre a quantidade de S contido nas proteínas e a densidade de clorofilas. Os cloroplastos são muito ricos em compostos orgânicos ligados ao enxofre. Em plantas deficientes desse nutriente, a concentração de clorofila pode diminuir mais de 40%; também acumulam N amídico (N-amida), pois ocorre menor atividade fotossintética, diminuindo os níveis de açúcares e proteínas. Outra característica de tecidos deficientes em S é a acumulação de $N-NO_3^-$. Nesses tecidos, os níveis de $S-SO_4^-$ são muito baixos, enquanto o N amídico (N-amida) e o $N-NO_3^-$ são acumulados. Este fato contrasta bastante com a deficiência de nitrogênio, onde os níveis de N diminuem e os níveis de SO_4^- permanecem normais (BERGMANN, 1992).

Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

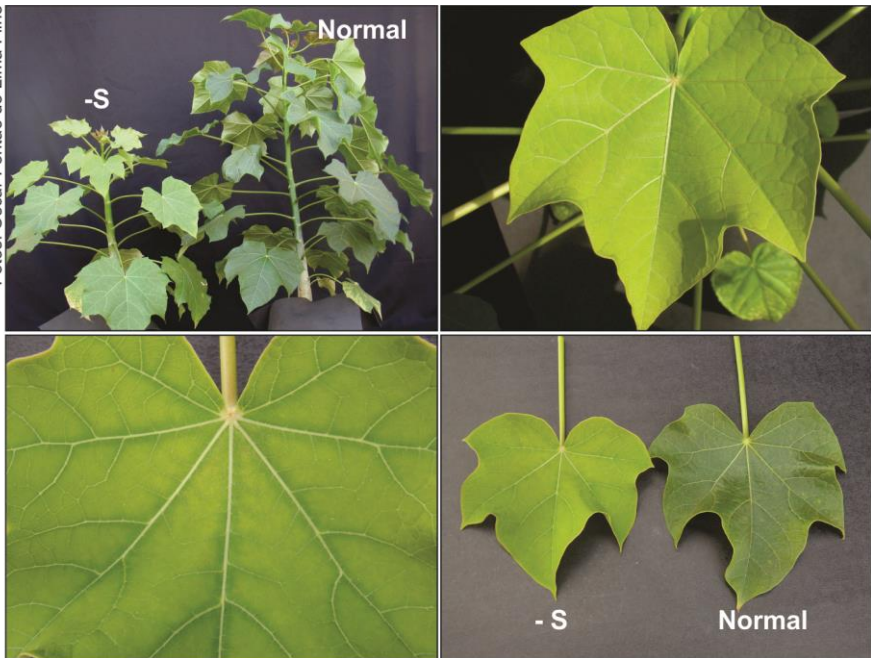


Figura 6. Sintomas visuais de deficiência de enxofre em plantas de pinhão-manso.

Boro

Plantas de pinhão-manso deficientes em B apresentam clorose foliar e seca dos ponteiros, com morte das gemas apicais. A clorose, no limbo das folhas apicais, aparece de modo irregular a partir das nervuras, expandindo-se e coalescendo. Ocorre, ainda, encarquilhamento, curvamento para baixo e necrose das folhas. A raiz, primeiro órgão a mostrar os sintomas de deficiência, apresenta paralisação do crescimento, engrossamento, ramificação curta e escurecimento geral, com pontas necrosadas. O crescimento geral da planta (parte aérea e raízes) é extremamente reduzido em casos de deficiência severa (Figura 7).

Plantas carentes em boro geralmente acumulam fenóis. A necrose, que comumente se observa em plantas deficientes, parece ser melhor explicada pela acumulação de compostos fenólicos. Complexando-se ao ácido 6-fosfoglicônico, o B inibe a enzima 6-fosfogliconato desidrogenase, restringindo a oxidação do substrato pela via pentose-fosfato e, portanto, a síntese de fenóis. A eritrose-4-fosfato formada nesta via é precursora do ácido chiquímico, cuja via é responsável pela formação de fenóis. Se o B regula esse desvio catabólico da via pentose, através de sua complexação com o substrato, compostos fenólicos não se acumulam. Ademais, a deficiência de B pode resultar em uma não inibição da desidrogenase, formando, assim, excesso de ácidos fenólicos (AMORIM, 1985; DUGGER, 1983; LEE; ARONOFF, 1967).

Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

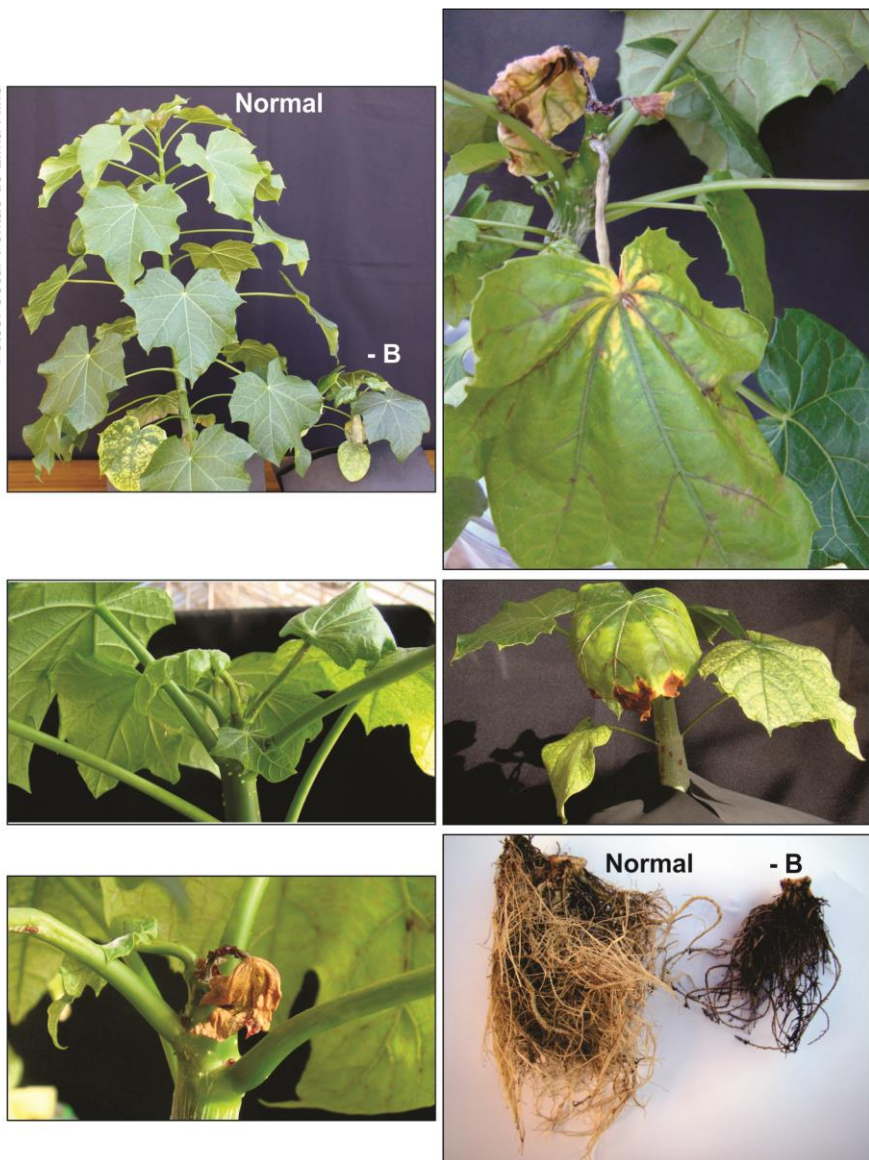


Figura 7. Sintomas visuais de deficiência de boro em plantas de pinhão-manso.

Cobre

A deficiência de Cu em pinhão-manso caracteriza-se pela presença de pequenas manchas cloróticas, inicialmente ao longo das nervuras em direção à inserção com o pecíolo, normalmente na lateral superior da folha, que, posteriormente, expandem e coalescem. Forma-se um reticulado clorótico que acompanha as nervuras, podendo estar apenas em um lado da folha, em uma das pontas ou na folha inteira. A clorose pode progredir na forma de manchas difusas no limbo foliar. Algumas nervuras apresentam leve coloração marrom-avermelhada. O sintoma ocorre em folhas novas e intermediárias (Figura 8).

Os papéis principais do Cu em plantas incluem o estrutural em algumas proteínas e como constituinte ou ativador de enzimas: oxidases, incluindo tirosinase, polifenol oxidase, lacase, oxidase do ácido ascórbico, superóxido dismutase, fenolase e oxidase de aminas; oxidação terminal da cadeia respiratória, em mitocôndrias, pela oxidase do citocromo; e transporte eletrônico no processo fotossintético (fotossistema I) mediado pela plastocianina (proteína do cloroplasto). Assim, muitos processos têm a participação do Cu, como a fotossíntese, a respiração, a regulação hormonal e o metabolismo de compostos secundários (BERGMANN, 1992; MALAVOLTA, 2006).

Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

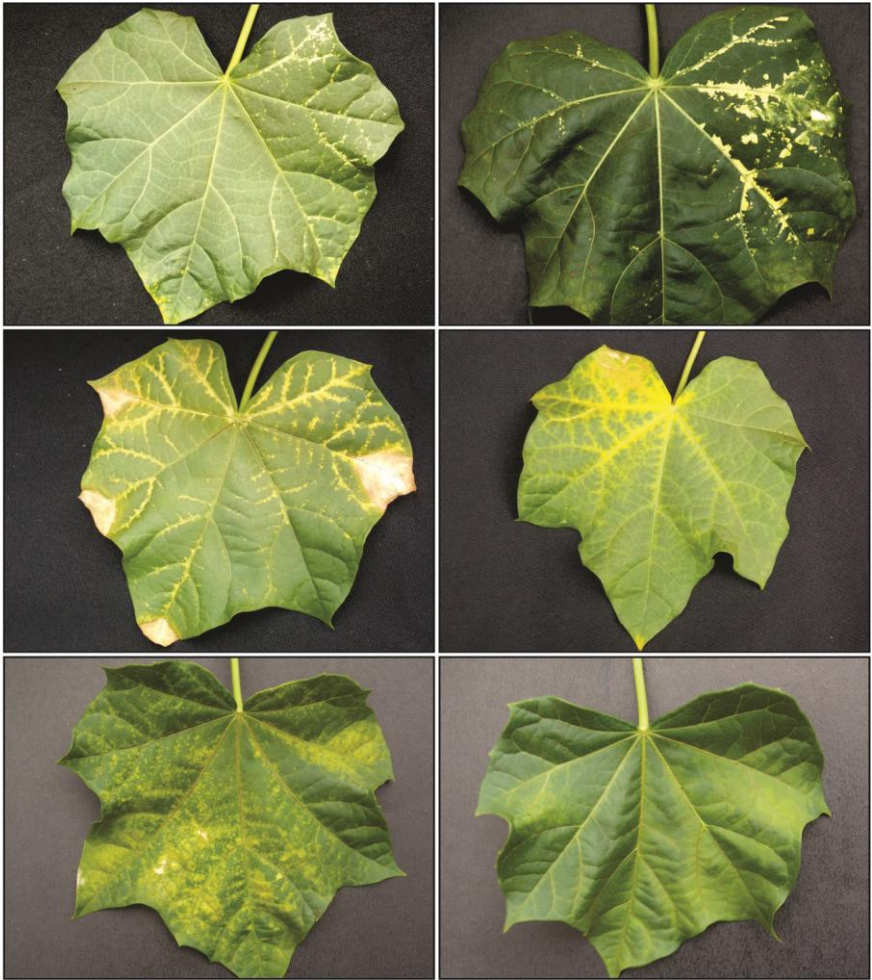


Figura 8. Sintomas visuais de deficiência de cobre em plantas de pinhão-manso.

Ferro

As plantas com deficiência de ferro apresentam sintomas típicos, com a clorose iniciando-se pelas folhas novas (rede verde fina das nervuras sobre fundo amarelado) (Figura 9). O crescimento da planta pode diminuir em casos mais severos e a folha tornar-se esbranquiçada.

As propriedades químicas do Fe fazem-no uma parte importante das reações de óxido-redução, tanto no solo como nas plantas. O Fe é um metal de transição capaz de existir em mais de um estado de oxidação, podendo aceitar ou doar elétrons, de acordo com o potencial de oxidação dos reagentes. O movimento de elétrons, entre a molécula orgânica e o Fe, fornece o potencial para muitas das transformações enzimáticas nas quais ele é essencial. Muitas dessas enzimas estão envolvidas na síntese de clorofila, havendo redução desta quando o Fe está deficiente e cujo resultado são os sintomas característicos da falta do elemento. O Fe é componente de moléculas de porfirinas: citocromos, hemes, hematina e leghemoglobina. Estas substâncias estão envolvidas nas reações de óxido-redução na respiração e na fotossíntese. Aproximadamente 75% do ferro total das células estão associados aos cloroplastos (BERGMANN, 1992).

Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho

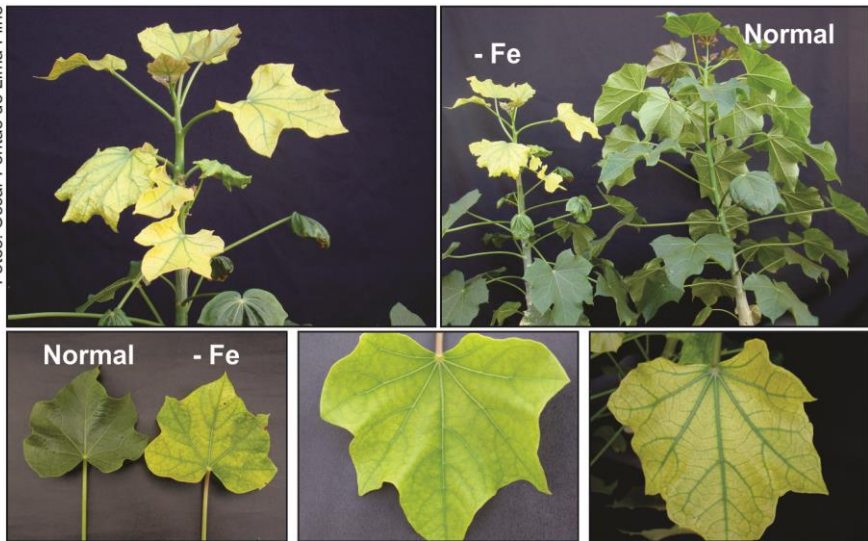


Figura 9. Sintomas visuais de deficiência de ferro em plantas de pinhão-manso.

Manganês

Sem quantidades adequadas de Mn no substrato, o pinhão-manso pode apresentar o sintoma típico de carência desse elemento, que é a clorose internerval de folhas novas, caracterizada por um reticulado verde-escuro grosso das nervuras sobre um fundo de coloração verde-clara e, posteriormente, amarelada. Pode ocorrer, também, menor visibilidade das nervuras secundárias em alguns pontos, com a mescla das cores verde e amarela, dando uma aparência difusa do reticulado (Figura 10).

O Mn ativa inúmeras enzimas, tomando parte em processos de óxido-redução e em reações de descarboxilação e hidrólise. Algumas dessas enzimas incluem a ATPase, enolase, quinase pirúvica, oxidase do ácido indolilacético, etc. A manganina é uma proteína que contém Mn em sua estrutura. O manganês também está envolvido na evolução do O₂ (quebra da água no processo fotossintético), do mesmo modo que o cloro (BERGMANN, 1992). Também está envolvido no metabolismo do nitrogênio e na assimilação do CO₂. A sua carência causa diminuição nas taxas da respiração e da fotossíntese e presença de cloroplastos vacuolados (MALAVOLTA et al., 1997).

Fotos: Oscar Fontão de Lima Filho



Figura 10. Sintomas visuais de deficiência de manganês em plantas de pinhão-manso.

Considerações Finais

A interpretação de um sintoma nutricional existente nas folhas de pinhão-manso deve ser baseada em padrões conhecidos da deficiência dos nutrientes. Como o diagnóstico é dificultado pela semelhança de sintomas com desordens de ordem biótica (pragas, doenças) ou abiótica (condições climáticas, toxidez por agrotóxicos, etc.), é necessário verificar a generalização do sintoma, a presença de gradiente (sintomas em folhas novas de elementos imóveis ou pouco móveis, e em folhas mais velhas para elementos móveis), a simetria do sintoma, ou seja, aparecimento em folhas consecutivas, além do histórico da área. A diagnose visual deve ser acompanhada, sempre que possível, da análise foliar, para um diagnóstico conclusivo. De qualquer maneira, a correção das deficiências de N, K e S, desde que detectadas logo no início dos sintomas, pode ser feita por meio da adubação de cobertura. No caso de micronutrientes, aplicações foliares são eficientes no mesmo ano agrícola, porém a aplicação no solo é mais efetiva e deve ser a forma preferencial, no caso de diagnóstico tardio ou para correção da deficiência a longo prazo.

Referências

AMORIM, H. V. de. Respiração. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985. v. 1, cap. 6, p. 251-279.

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**: development, visual and analytical diagnosis. 3rd ed. Jena: Gustav Fischer, 1992. 734 p.

BOULD, C.; HEWITT, E. J.; NEEDHAM, P. **Diagnosis of mineral disorders in plants**: principles. London: HMSO, 1983. v. 1, 174 p.

BURSTRÖM, H. G. Calcium and plant growth. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, Cambridge, v. 43, n. 3, p. 287-316, 1968.

CARELS, N. *Jatropha curcas*: a review. **Advances in Botanical Research**, London, v. 50, p. 39-86, 2009.

DUGGER, W. N. M. Boron in plant metabolism. In: LAÜCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology**. Berlin: Springer-Verlag, 1983. v. 15B, cap. 2, p. 626-650.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral das plantas**: princípios e perspectivas. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p.

HEWITT, E. J.; SMITH, T. A. **Plant mineral nutrition**. London: The English Universities, 1975. 298 p.

JONES JUNIOR, J. B.; ECK, H. V.; VOSS, R. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In: WESTERMAN, R. L. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. 3rd ed. Madison: Soil Science Society of America, 1990. chap. 20, p. 521-547. (Soil Science Society of America book series, 3).

LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L.; MENDONÇA, S.; ROSADO, T. B.; ALBRECHT, J. C. Caracterização morfo-agronômica do banco de germoplasma de pinhão manso na fase jovem. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 371-379, 2011.

LEE, S. G.; ARONOFF, S. Boron in plants: a biochemical role. **Science**, Washington, DC, v. 158, n. 3802, p. 798-799, Nov. 1967.

LEHNINGER, A. L. **Bioquímica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. v. 2, 448 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 631 p.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O. O potássio e a planta. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1982, Londrina. **Anais...** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fósforo: Instituto Internacional da Potassa, 1982. p. 95-162.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. New York: Academic Press, 1995. 887 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 849 p.

WILD, A. **Russell's soil conditions and plant growth**. 11th ed. Harlow: Longman, 1988. 991 p.



Agropecuária Oeste

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

